

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
23. Oktober 2003 (23.10.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 03/088574 A1

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: H04L 12/26,  
H04B 3/46, G01R 31/00

[DE/AT]; Eipeldauerstr. 38/27/8, A-1220 Wien (AT).  
AHRNDT, Thomas [DE/DE]; Karl-Birzer-Str. 2, 85521  
Ottobrunn (DE). SCHÜSZLER, Bert [AT/AT]; Ahornweg  
3, A-1220 Wien (AT).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP03/03930

(22) Internationales Anmeldedatum:  
15. April 2003 (15.04.2003)

(74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGE-  
SELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, 80506 München  
(DE).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(81) Bestimmungsstaaten (national): CN, US.

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,  
BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR,  
HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

(30) Angaben zur Priorität:  
02008552.8 16. April 2002 (16.04.2002) EP

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE];  
Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

Veröffentlicht:  
— mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Ab-  
kürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Co-  
des and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der  
PCT-Gazette verwiesen.

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): KOZEK, Werner

(54) Title: METHOD FOR TESTING SUBSCRIBER CONNECTION LINES FOR BROADBAND SERVICES

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM TESTEN VON TEILNEHMERANSCHLUSSLEITUNGEN FÜR BREITBAND-  
DIENSTE

(57) Abstract: The invention relates to a method for pre-qualifying subscriber connection lines for broadband services. According to said method, a mathematical characterisation of the physical behaviour of the subscriber connection line is obtained by applying a signal to the subscriber connection line to be tested and the output signal is then observed. Conclusions concerning relevant parameters of the subscriber connection line are inferred from said mathematical characterisation with the help of classical physical models. A combined time-frequency representation, the Weil transformation according to "A. Weil, Basic Number Theory, Grundlehren der mathematischen Wissenschaften, Bd. 144, Springer 1985", is used to obtain a statistically solid estimation of the aforementioned mathematical characterisation.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Vorqualifizierung von Teilnehmeranschlussleitungen für Breitbanddienste mittels dem nach Anlegen eines Signals an die zu testende Teilnehmeranschlussleitung durch Beobachtung des Ausgangssignales eine mathematische Charakterisierung des physikalischen Verhaltens der Teilnehmeranschlussleitung erreicht wird. Ausgehend von dieser mathematischen Charakterisierung wird dann mit Hilfe von klassischen physikalischen Modellen auf relevante Parameter der Teilnehmeranschlussleitung zurückgeschlossen. Zur statistisch robusten Schätzung der genannten mathematischen Charakterisierung wird eine kombinierte Zeit-Frequenz-Darstellung verwendet, die Weil-Transformation gemäß "A. Weil, Basic Number Theory, Grundlehren der mathematischen Wissenschaften, Bd. 144, Springer 1985".

WO 03/088574 A1

## VERFAHREN ZUM TESTEN VON TEILNEHMERANSCHLUSSLEITUNGEN FÜR BREITBANDDIENSTE

Verfahren zur Vorqualifizierung von Teilnehmeranschlussleitungen für Breitbanddienste

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Vorqualifizierung von Teilnehmeranschlussleitungen für Breitbanddienste.

Die breitbandige Datenübertragung über die Kupferdoppelader der Teilnehmeranschlussleitungen des klassischen Telefonnetzes, insbesondere ADSL (asymmetrical digital subscriber line), gewinnt zunehmend an Bedeutung. Gemeinsames Kennzeichen aller standardisierten xDSL-Dienste (ADSL, SDSL, SHDSL, VDSL) ist die Ausdehnung des genutzten Frequenzbereichs weg von der Sprachbandbreite (4Khz) bis hinein in Bereiche von über 1 MHz.

Da das Telefonnetz nicht für diesen Frequenzbereich konzipiert ist, basieren diese Dienste auf Ratenadaptivität der Übertragungsverfahren, d.h. die erzielbare Nutzdatenrate hängt jeweils von den technisch-physikalischen Gegebenheiten des individuellen Teilnehmeranschlusses ab.

Haupteinflussgrößen sind dabei die Leitungslänge, der Leitungstyp und gegebenenfalls elektromagnetisch eingestreuete Störungen; aber auch Stückelungen, nicht-fachgerechte Hausverkabelungen, defekte Endgeräte, offene Stichleitungen und Nebensprechen, wenn in einem Kabelbündel zahlreiche xDSL-Dienste aufgeschaltet sind, verringern die möglichen Datenraten.

Die nicht vorhersagbare Leistung (Datenrate) der Breitbanddienste bedeutet für die Anbieter dieser Dienste ein hohes Erstinstallationsrisiko, so z.B. wenn der Anbieter bei der Installation eines derartigen Anschlusses finanzielle Aufwendungen auf sich nimmt, die er über Internetnutzungsgebühren zu erwirtschaften

beabsichtigt (Gratis-PC mit ADSL-Modem). Aber auch bei weniger riskanten Geschäftsmodellen kann eine Abschätzung der möglichen Datenrate eines Breitbanddienstes jedenfalls Servicekosten reduzieren bzw. die generelle Kundenakzeptanz  
5 der XDSL-Technologie verbessern.

Bekannte Testverfahren für Teilnehmeranschlussleitungen wie die sogenannte Zeit-Bereichsreflektometrie (kurz TDR für time-domain reflectometry) zum einseitigen, messtechnischen  
10 Test von Nachrichtenkabeln, wurden für die Sprachbandbreite entwickelt und sind daher nur bedingt zur Vorqualifizierung für xDSL-Dienste geeignet.

Beim TDR-Verfahren wird ein kurzer (und damit relativ  
15 breitbandiger) Spannungspuls an das Adernpaar angelegt und die Verzögerung des Echos gemessen. Bei bekannter Ausbreitungsgeschwindigkeit des Signales kann daraus direkt die Kabellänge ermittelt werden. Durch periodische Wiederholung der Messung und Oszilloskopie können von gut  
20 ausgebildeten Fachleuten auch Stückelungen, offene Stichleitungen und ähnliche, die Datenrate beeinflussende Störquellen erkannt werden. Diese Methode erfordert den Einsatz von gut geschultem Personal und ist damit aufwendig und kostenintensiv.

25 Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren anzugeben, das mit geringem Aufwand die Vorqualifizierung einer Teilnehmeranschlussleitungen für Breitbanddienste und damit die genaue Vorhersage der erzielbaren Datenrate eines  
30 Breitbanddienstes erlaubt. Wesentlich ist es dabei, dass es das Verfahren erlaubt, die Teilnehmeranschlussleitungen einseitig vom Amt aus zu messen.

Gelöst wird diese Aufgabe mit dem erfindungsgemäßen Verfahren  
35 nach Anspruch 1.

Die Erfindung wird anhand eines Beispiels näher erläutert:

- Kern des erfindungsgemäßen Verfahrens ist ein System-identifikationsalgorithmus mittels dem nach Anlegen eines  
 5 Signals an die zu testende Teilnehmeranschlussleitung durch Beobachtung des Ausgangssignales eine mathematische Charakterisierung des physikalischen Verhaltens der Teilnehmeranschlussleitung erreicht wird.
- 10 Ausgehend von dieser mathematischen Charakterisierung wird dann mit Hilfe von klassischen physikalischen Modellen auf relevante Parameter der Teilnehmeranschlussleitung zurückgeschlossen.
- 15 Zur statistisch robusten Schätzung der genannten mathematischen Charakterisierung wird eine kombinierte Zeit-Frequenz-Darstellung verwendet, die Weil-Transformation gemäß „A. Weil, Basic Number Theory, Grundlehren der mathematischen Wissenschaften, Bd. 144, Springer 1985“.
- 20 Im folgenden wird das erfindungsgemäße Verfahren im Detail beschrieben:  
 Es wird ein zeitdiskretes Multiträger-Zufallssignal als Testsignal ausgesendet. Dieses ist wie folgt aufgebaut:

25

$$s(n) = \sum_{k=0}^M \sum_{l=0}^N c_{k,l} g(n - lN_T) \exp\left(j2\pi \frac{nk}{M_F}\right)$$

mit folgenden Variablen:

- 30  $n$  ..... der Zeitindex (korrespondiert zum Sendetakt)
- $s(n)$  ..... die Abtastwerte des Testsignals (im Sendetakt)
- $k$  ..... der Symbolindex (korrespondiert zum Symboltakt)

35

$l$  ..der Trägerindex (korrespondiert zum Trägerfrequenz-  
abstand)

$c_{k,l}$  .....komplexwertige Zufallskoeffizienten

5  $N_T$  .....die Symboldauer (gemessen im Sendesignaltakt)

$M_F$  .....die Länge der der Modulation zugrundeliegenden  
diskreten Fouriertransformation = (#Modulationsträger+1)\*2 -1

$g(n)$  .....die (reellwertigen) Abtastwerte des Sendepuls  
(im Sendetakt)

10 Die stochastische Innovation des Sendesignals rührt  
ausschliesslich von den komplexwertigen Zufallskoeffizienten

$c_{k,l}$  her. Folgende Statistik wird dabei angestrebt :

$$15 \quad E\{c_{k,l} \bar{c}_{m,n}\} = \sigma^2(k) \delta_{k,m} \delta_{l,n'} \\ (2)$$

d.h. die Koeffizienten sind unkorreliert und ihre Varianz

hängt ausschliesslich vom Trägerindex ab ( $\delta_{k,m}$  ist hierbei das

20 Kroneckersche Delta-Symbol, und  $\bar{c}_{m,n}$  ist die komplex

konjugiert Zahl von  $c_{m,n}$ ).

Eine weitere, in Zusammenhang mit Basisband-  
Multiträgermodulation durchaus übliche Bedingung ist die  
hermitesche Symmetrie der Koeffizienten:

$$25 \quad c_{k,l} = \bar{c}_{M_F-k,l} \quad , \\ (3)$$

Dadurch ist sichergestellt dass das Sendesignal reellwertig  
ist. Glg. (2) kann näherungsweise durch einen üblichen

30 Pseudozufallszahlengenerator (wie z.B. in W.H. Press, B.P.  
Flannery, S.A. Teukolsky, W.T. Vetterling, „Numerical Recipes

in C", Cambridge University Press, Cambridge 1993.  
und entsprechende Gewichtung gewonnen werden.

5 Sofern die Periode des Pseudozufallsgenerator grösser ist als  
die Messperiode, kann man das Sendesignal als Realisierung  
eines zyklstationären Zufallsprozesses betrachten. D.h. im  
Gegensatz zur klassischen Zeitbereichsreflektometrie ist das  
Signal nicht strikt periodisch (nur in seinen statistischen  
Eigenschaften gibt es Periodizität).

10 Andererseits ist das Testsignal auch kein Spezialfall  
üblicher Multiträgersignale (wie sie in der Trainingsphase von  
ADSL-Modems verwendet werden) die entweder einen zyklischen  
Präfix bzw. orthogonale Pulsformen gemäß S.D. Sandberg and  
15 M.A. Tzannes, „Overlapped discrete multitone modulation for  
high speed copper wire“, IEEE Journal Selected Areas of  
Communications, Vol.13, No. 9, Dec. 1995. verwenden.

Charakteristischer Bestandteil der Erfindung ist die  
20 Verwendung einer relativ langen (3-5 mal die Symbollänge  
überspannenden) gut frequenzlokalisierten  
Fensterfunktion, zusammen mit der Bedingung

$$M_f = KN_r,$$

(5)

25 sodass letztendlich ein nichtorthogonales, übervollständiges  
Funktionensystem entsteht.

Dies ist unterschiedlich zu dem Ansatz von W. Kozek und A.F.  
Molisch, „Nonorthogonal pulseshapes for multicarrier  
30 communications in doubly dispersive channels“, Oct. 1998,  
IEEE J. Select. Areas Comm., Vol.16, No. 8, pp.1579-1589.  
Bei dem ein nichtorthogonales, aber unvollständiges  
Funktionensystem für die Multiträgerübertragung vorgeschlagen  
wird.)

Insbesondere bedeutet es, dass die Redundanz des Sendesignals gewissermassen über Zeit- und Frequenzrichtung verschmiert ist. Solche Funktionensysteme sind lediglich bekannt aus der Signalanalyse, die Anwendung zur Synthese eines  
5 teilredundanten Pseudozufallssignals allerdings neu und erfinderisch. Dieses erfindungsgemäße Sendesignal bietet folgende Vorteile:

Die Messbandbreite kann flexibel gestaltet werden, d.h. es  
10 können zum Beispiel die POTS-Bänder (also der für klassische Telefonie benötigte Frequenzbereich ausgeblendet werden (notwendig für die Integration im Breitbandanschlusssystemmultiplexer bei ADSL). Dies ist ein klarer Vorteil gegenüber W.W. Jones, „Sequence Time Domain  
15 Reflectometry (STDR) For Digital Subscriber Line Provisioning and Diagnostics“, White Paper, Mindspeed Technologies TM, wo ein sich von der Gleichspannung beginnender Frequenzbereich verwendet wird.

20 Die verfügbare Messbandbreite kann wesentlich besser ausgenutzt werden. Die Empfindlichkeit gegenüber Pulsstörungen ist geringer. Bei nicht streng synchroner Sende- und Empfangssignalabtastung kann der Frequenzoffset explizit kompensiert werden.

25 Durch Phasenmittelung kann man den zyklstationären Prozess auf einen stationären Prozess abbilden. Das Leistungsdichtespektrum  $S_x(f)$  des phasengemittelten Testsignals hängt von der Leistungsverteilung auf den Trägern  
30 ab (durch  $\sigma(k)$  festgelegt) und der Wahl des Pulses  $g(n)$ :

$$S_s(f) = \sum_{k=0}^{M_F-1} \sigma^2(k) \left| G \left( f - \frac{1}{T} \left( k - \frac{M_F-1}{2} \right) \right) \right|^2 \quad (6)$$

wobei  $T$  die Abtastperiode des Sendesignals ist und  $G(f)$  das Spektrum des Sendepuls. Durch entsprechende Auswahl von

- 5  $\sigma(k)$  können die zulässigen Masken für das Sendespektrum zum Beispiel Ausblendung der POTS-Bänder erreicht werden. Die

Wahl des Pulses  $g(n)$  ist weniger kritisch, im einfachsten Fall wählt man eine klassische, gut frequenzlokalisierte Fensterfunktion wie zum Beispiel Hamming oder Kaiser, siehe

- 10 W. Kozek und A.F. Molisch, „Nonorthogonal pulseshapes for multicarrier communications in doubly dispersive channels“, Oct. 1998, IEEE J. Select. Areas Comm., Vol.16, No. 8, pp.1579-1589.

Seite 126.

- 15 Im weiteren werden Auschnitte der Länge  $N$  aus dem Sendesignal wie folgt betrachtet:

$$s_m(n) = s(n - mKN_T) \chi_{[0,KN_T]}(n - mKN_T), \quad (7)$$

hierbei steht  $\chi_{[0,N]}(n)$  für einen Rechteckpuls mit Amplitude 1

- 20 und Länge  $N$ .

Die Weil-Transformation eines Vektors  $x(n)$  der Länge  $N = KN_T$  ist gegeben durch

$$W_x(n, k) = \frac{1}{\sqrt{K}} \sum_{l=0}^{K-1} x(n + lN_T) \exp \left( j2\pi \frac{lk}{L} \right),$$

- 25 (8)



sie steht in umkehrbar eindeutiger Beziehung zum Signal ( A. Weil, Basic Number Theory, Grundlehren der mathematischen Wissenschaften, Bd. 144, Springer 1985). Physikalisch kann

hier  $m$  als Zeitindex und  $k$  als Frequenzindex

- 5 interpretiert werden. Grundprinzip des Identifikations-  
verfahrens ist nun über eine Kreuzkorrelationsanalyse im  
Weil-Bereich zu einer Schätzung der Weil-transformierten  
Echo-Impulsantwort zu kommen. Die Kreuzkorrelationsfunktion  
ist hier definiert als:

10

$$C_{y,s}(m,k) = E\{W_y(n+m,k)\overline{W_s(n,k)}\}.$$

(9)

Vorteilhafterweise kann die Weil-Transformierte eines  
Sendesignalblockes durch zweidimensionale, diskrete

- 15 Fouriertransformation der Sendekoeffizienten und  
Multiplikation mit der Weiltransformierten des  
Sendesignalfensters gebildet werden

$$W_{x\chi[i,i+KN_T]}(m,n) = W_g(m,n).$$

$$\sum_{m=0}^{N_T} \sum_{l=i}^{i+K-1} c_{k,l} \exp\left(-j2\pi\left(\frac{mk}{N_T} + \frac{nl}{K}\right)\right) \quad (10)$$

Weiters werden Empfangssignalkoeffizienten durch ein

- 20 Skalarprodukt mit dem modulierten Empfangssignalfenster wie  
folgt gebildet:

$$d_{k,l} = \sum_{n=lN_T}^{(l+1)N_T} y(n)\bar{\gamma}(n-lN_T) \exp\left(-j2\pi\frac{nk}{M_F}\right)$$

Daraus kann dann analog die Weiltransformierte des

- 25 Empfangssignals  $y(n)$  analog zu (10) gebildet werden:

9

$$W_{y\chi[i, i+KN_T]}(m, n) = W_\gamma(m, n) \cdot$$

$$\sum_{m=0}^{N_T} \sum_{l=i}^{i+K-1} d_{k,l} \exp \left( -j2\pi \left( \frac{mk}{N_T} + \frac{nl}{K} \right) \right)$$

Unter der Annahme der Ergodizität des Eingangssignals (nur gerechtfertigt sofern die Periode der beteiligten Pseudozufallssignale grösser als die Messzeit bleibt), kann  
 5 man die Erwartungswertbildung durch Zeit/Frequenzmittelwertbildungen ersetzen:

$$\tilde{C}_{y,s}(m,k) = \frac{1}{N_M K_L} \sum_{n=0}^{N_M} W_y(n,k) \overline{W_{s_m}(n+m,k)},$$

(11)

wobei  $s_m(n)$  den in Glg. (7) beschriebenen Sendesignalblock  
 10 beschreibt.

Das vorgeschlagene Verfahren zur Systemidentifikation eignet sich natürlich auch zur adaptiven Echounterdrückung (echo cancelling), mit den oben beschriebenen Vorteilen der  
 15 Möglichkeit von Ausblendung bestimmter Frequenzbänder, wie beispielsweise in einer der folgenden Literaturstellen beschrieben:

K. Townsend et al, „Apparatus and method for echo characterization of a communication channel“, US Patent Nr. 5,577,116,  
 20 Nov. 1996.

J.P. Agrawal et al, „Adaptive echo cancellation and equalization system signal processor and method therefor“, US Patent Nr. 4,760,596, July 1988.  
 25

S. Wu et al, „Efficient echo cancellation for DMT MDSL“, US Patent Nr. 6,072,782, June 2000.

M. Ho et al, „Method and apparatus for echo cancellation with discrete multitone modulation“, US Patent Nr. 5,317,596, May 1994.

- 5 Die beschriebenen Verfahren zur Systemidentifikation (als Bestandteil eines adaptiven Echo-Cancellers) unterscheiden sich in mehreren Gesichtspunkten vom erfindungsgemäßen Verfahren, zumeist werden Abwandlungen des sogenannten LMS-Algorithmus verwendet oder das klassische Kalmanfilter.

10

Nach der vorliegenden Anwendung zur Vorqualifizierung von Teilnehmeranschlussleitungen für Breitbanddienste geschieht die Auswertung der Weiltransformaten der interessierenden Impulsantwort wie folgt:

15

Zwar kann bereits ein geübter Betrachter aus Rohdaten (z.B. der Echoimpulsantwort) einige Rückschlüsse auf die Länge einer Leitung bzw. die Art des Abschlusses ziehen, für den Einsatz der vorliegenden Erfindung ist aber eine

- 20 automatisierte Auswertung vorgesehen, deren Endergebnis die Vorhersage von xDSL-Performance ist('`reach prediction``').

Etwaige additive Störungen die für die Ermittlung der xDSL-Performance unter Umständen relevant sind, können direkt aus den ohnehin schon ermittelten Empfangssignalkoeffizienten durch Erwartungswertbildung über den Zeitindex gebildet werden:

25

$$S_{noise, k} = E_l \left\{ |d_{l, k}|^2 \right\}$$

- 30 Die dabei gewählte Vorgangsweise besteht nun darin, ausgehend von gemessenen Rohdaten (komplexe Zahlen) eine multi-dimensionale Tabelle anzulegen, die durch relevante physikalische Größen parametrisiert ist (z.B. Leitungslänge und Abschluss).

Im folgenden wird die Vorgangsweise für die Parameter Leitungslänge und Abschluss beschrieben, die Auswertung könnte aber konzeptuell analog auch auf andere  
 5 Zwischenparameter abzielen.

Die Rohdaten  $\tilde{W}_h(p, q)$  werden mit als Tabellenvektoren  $T^{(k,m)}(p, q)$  dargestellten Werten von gemessenen Referenzleitungen verglichen und es werden jene Indizes  
 10 ausgewählt, die die kleinste absolute Abweichung (im Sinne komplexer Zahlen aufweisen):

$$(k_{opt}, l_{opt}) = \arg \min_{k,l} \sum_q \sum_p |T^{(k,l)}(p, q) - \tilde{W}_h(p, q)|$$

Aus diesem Vergleich kann damit direkt auf die physikalischen  
 15 Eigenschaften der zu messenden Teilnehmeranschlußleitung geschlossen werden.

Hierbei entspricht der Index k der beispielhaften Implementation folgend einem Widerstandswert des Abschlusses  
 20 und der Index l einer Leitungslänge. Um die Auflösung des Messverfahrens zu erhöhen, erweist es sich als vorteilhaft nach dieser Optimierung eine komplexe Interpolation anzuschliessen. Diese kann mit den üblichen Verfahren zur multidimensionalen Interpolation durchgeführt werden, wie sie  
 25 z.B. in W.H. Press, B.P. Flannery, S.A. Teukolsky, W.T. Vetterling, „Numerical Recipes in C“, Cambridge University Press, Cambridge 1993 beschrieben sind.

Die letztendlich interessierenden xDSL Parameter (zu  
 30 erwartende Datenübertragungsrate) können dann durch eine einfache Tabellensuche gewonnen werden.

Eine Kalibrierung des Messsystems ist dann zweckmäßig, wenn  
z.B. bei langen Leitungslängen das interne Echo der  
Messanordnung typischerweise wesentlich stärker sein wird als  
5 das charakteristische Echo vom Ende des Kabels. Beim  
Ausführungsbeispiel ist eine automatische Kalibrierung durch  
Anschaltung digital steuerbarer Leitungssimulatoren bzw.  
Widerstandsdekaden durchführbar.

## Patentansprüche

1. Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Vorqualifizierung von Teilnehmeranschlußleitungen für Breitbanddienste mit  
5 folgenden Verfahrensschritten:

- an einen Testpunkt der Teilnehmeranschlußleitung wird ein

$$\text{gemäß } s(n) = \sum_{k=0}^M \sum_{l=0}^N c_{k,l} g(n - lN_T) \exp\left(j2\pi \frac{nk}{M_F}\right) \text{ gebildetes}$$

zeitdiskretes Multiträger- Sendesignal angelegt,

- die Echoimpulsantwort  $y(n)$ , der Teilnehmeranschlußleitung  
10 wird an dem Testpunkt gemessen,

- aus der Echoimpulsantwort werden zweite komplexwertige Zufallskoeffizienten  $d_{k,l}$  gemäß

$$d_{k,l} = \sum_{n=(l-1)N_T}^{n=(l+1)N_T} y(n) \gamma(n - lN_T) \exp\left(-j2\pi \frac{nk}{M_F}\right)$$

ermittelt,

- 15 - der empirische Schätzwert der Kreuzkorrelationsfunktion  $\tilde{W}_h(p, q)$  der aus den Indizes  $c_{k,l}$  und  $d_{k,l}$  durch zweidimensionale diskrete Fouriertransformation gebildeten Signale

$$C_{m,n}^{(i)} = \sum_{m=0}^{N_T} \sum_{l=i}^{i+K-1} c_{k,l} \exp\left(-j2\pi \left(\frac{mk}{N_T} + \frac{nl}{K}\right)\right)$$

$$20 \quad D_{m,n}^{(i)} = \sum_{m=0}^{N_T} \sum_{l=i}^{i+K-1} d_{k,l} \exp\left(-j2\pi \left(\frac{mk}{N_T} + \frac{nl}{K}\right)\right)$$

gemäß (wobei  $0 < \lambda < 1$  ein Vergessensfaktor ist, der an die gesamte Mittelungslänge der Messung entsprechend der Rechengenauigkeit des verwendeten Prozessors zu wählen ist)

25

$$K_{m,k}^{(i+1)} = (1 - \lambda) K_{m,k}^{(i)} + \lambda C_{m+n,k}^{(i)} W_g(m+n, k) \overline{D}_{m,n}^{(i)} \overline{W}_\gamma(m,$$

wird ermittelt,

und analog zur Schätzung der Kreuzkorrelationsfunktion eine Schätzung des Leistungsdichtespektrums etwaiger Störsignale entsprechend

$$S_{noise, k}^{(i+1)} = (1 - \lambda) S_{noise, k}^{(i)} + \lambda |d_{i, k}|^2$$

- 5 durchgeführt,
- der empirische Schätzwert der Kreuzkorrelationsfunktion  $\tilde{W}_h(p, q)$  wird mit den gespeicherten Werten von gemessenen Referenzleitungen  $T^{(k, m)}(p, q)$  verglichen, und aus dem Vergleich werden die physikalischen Parameter der
- 10 Teilnehmeranschlußleitung ermittelt.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP 03/03930

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 H04L12/26 H04B3/46 G01R31/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H04L H04B G01R

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	<p>JONES, W.W.; JONES, K.R.: "Sequence time domain Reflectometry (STDR) for Digital Subscriber Line provisioning and diagnostics"</p> <p>WHITE PAPER, 'Online! 2001, XP002203227 Retrieved from the Internet: &lt;URL:http://techlibrary.wallstreetandtech.com/data/r11st?t=soft_10_100_50_150_2_np&gt; 'retrieved on 2003-06-30! cited in the application paragraph 'III.B!</p>	1



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

30 June 2003

Date of mailing of the international search report

04/07/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Farese, L



# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internati : Aktenzeichen

PCT/EP 03/03930

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 H04L12/26 H04B3/46 G01R31/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 H04L H04B G01R

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	JONES, W.W.; JONES, K.R.: "Sequence time domain Reflectometry (STDR) for Digital Subscriber Line provisioning and diagnostics" WHITE PAPER, 'Online! 2001, XP002203227 Gefunden im Internet: <URL:http://techlibrary.wallstreetandtech.com/data/rlist?t=soft_10_100_50_150_2_np> 'gefunden am 2003-06-30! in der Anmeldung erwähnt Absatz 'III.B! -----	1



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benützung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

30. Juni 2003

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

04/07/2003

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Farese, L